

PCT/IP99/06962  
09/868316  
10.12.99

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

JP99/6962

REC'D 04 FEB 2000

WIPO

PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application:

1998年12月18日

出 願 番 号  
Application Number:

平成10年特許願第360594号

出 願 人  
Applicant (s):

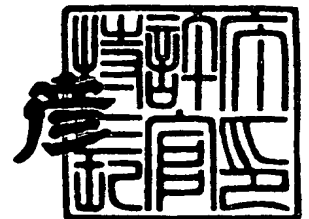
株式会社ニコン

PRIORITY  
DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2000年 1月21日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

近 藤 隆 彦



出証番号 出証特平11-3094702

【書類名】 特許願

【整理番号】 98-01476

【提出日】 平成10年12月18日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/027

【発明の名称】 フォトマスクの製造方法及び装置、並びに前記方法を用いたデバイスの製造方法

【請求項の数】 12

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン  
内

    【氏名】 白石 直正

【特許出願人】

    【識別番号】 000004112

    【氏名又は名称】 株式会社ニコン

    【代表者】 吉田 庄一郎

【代理人】

    【識別番号】 100098165

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 大森 聡

    【電話番号】 044-900-8346

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 019840

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

    【包括委任状番号】 9115388

特平 10-360594

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 フォトマスクの製造方法及び装置、並びに前記方法を用いたデバイスの製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 所定の第 1 の条件のもとで投影光学系を介して転写されるパターンが形成されたフォトマスクの製造方法であって、

前記パターンを拡大した親パターンを第 1 基板上に描画することによってマスターマスクを作製し、

前記第 1 の条件に応じて設定された第 2 の条件のもとで、前記マスターマスクの前記親パターンを縮小投影光学系を介して第 2 基板上に転写して前記フォトマスクを作製することを特徴とするフォトマスクの製造方法。

【請求項 2】 所定の第 1 の照明条件のもとで投影光学系を介して転写されるパターンが形成されたフォトマスクの製造方法であって、

前記パターンを拡大した親パターンを第 1 基板上に描画することによってマスターマスクを作製し、

前記第 1 の照明条件による投影像の変化を相殺するように設定された第 2 の照明条件のもとで、前記マスターマスクの前記親パターンを縮小投影光学系を介して第 2 基板上に転写して前記フォトマスクを作製することを特徴とするフォトマスクの製造方法。

【請求項 3】 前記第 1 の照明条件は、コヒーレンスファクタが 0.7 以上の照明、又は輪帯照明であり、

前記第 2 の照明条件は、コヒーレンスファクタが 0.4 以下で 0.1 以上の照明であることを特徴とする請求項 2 記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項 4】 前記第 1 の照明条件は、コヒーレンスファクタが 0.4 以下で 0.1 以上の照明であり、

前記第 2 の照明条件は、コヒーレンスファクタが 0.7 以上の照明、又は輪帯照明であることを特徴とする請求項 2 記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項 5】 所定の第 1 の照明条件のもとで投影光学系を介して転写されるパターンが形成されたフォトマスクの製造装置であって、

前記パターンを拡大した親パターンが描画されたマスターマスクを保持するマスクステージと、

該マスクステージ上のマスクを複数の照明条件の何れかで照明する照明光学系と、

前記複数の照明条件中から前記第 1 の照明条件による投影像の変化を相殺するように選択した第 2 の照明条件を前記照明光学系に設定する制御系と、

前記マスクステージ上のマスクのパターンの像を所定の基板上に転写する縮小投影光学系と、

を有することを特徴とするフォトマスクの製造装置。

【請求項 6】 所定のデバイスの製造方法であって、

前記デバイスの所定のレイヤのパターンを  $\alpha$  倍 ( $\alpha$  は 1 より大きい実数) に拡大した第 1 パターンを作成し、該第 1 パターンを照明する際の第 1 の照明条件を設定する第 1 工程と、

該第 1 パターンを  $\beta$  倍 ( $\beta$  は 1 より大きい実数) に拡大した親パターンを 1 枚又は複数枚の第 1 基板上に描画することによってマスターマスクを作製する第 2 工程と、

前記第 1 の照明条件による投影像の変化を相殺するように設定された第 2 の照明条件のもとで前記マスターマスクのパターンを  $1/\beta$  倍に縮小した光学像を第 2 基板上に転写することによってワーキングマスクを作製する第 3 工程と、

前記第 1 の照明条件のもとで前記ワーキングマスク上のパターンを  $1/\alpha$  倍に縮小した像を前記第 3 基板上に転写する第 4 工程と、

を有することを特徴とするデバイスの製造方法。

【請求項 7】 デバイス製造に用いられる露光装置によって感光基板上に転写されるパターンを有するフォトマスクの製造方法であって、

前記パターンを拡大した親パターンの少なくとも一部が形成されるマスターマスクを投影光学系の物体面側に配置し、前記少なくとも一部の親パターンの近接度に応じた照明条件で前記マスターマスクを照明するとともに、前記投影光学系を介してその像面側に配置されるフォトマスク製造用の基板上に、前記少なくとも一部の親パターンの縮小像を転写して前記フォトマスクを製造することを特徴

とするフォトマスクの製造方法。

【請求項 8】 前記照明条件は、前記露光装置と近接効果が逆特性となるように定められることを特徴とする請求項 7 記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項 9】 前記照明条件は、前記マスターマスクに照明光を照射する照明光学系内の、前記マスターマスクのパターン面に対するフーリエ変換面上での、前記照明光の強度分布の形状と大きさとのうち少なくとも 1 つであることを特徴とする請求項 7、又は 8 記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項 10】 前記親パターンは、少なくとも 2 つの領域に分けて形成され、該少なくとも 2 つの領域の縮小像を前記フォトマスク製造用の基板上にたぎ合わせて転写することを特徴とする請求項 7～9 の何れか一項記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項 11】 デバイス製造に用いられる露光装置によって感光基板上に転写されるパターンを有するフォトマスクの製造装置であって、

前記パターンを拡大した親パターンの少なくとも一部が形成されるマスターマスクを照明する照明光学系と、

前記マスターマスクの縮小像をフォトマスク製造用の基板上に投射する投影光学系と、

前記少なくとも一部の親パターンの近接度に応じた前記マスターマスクの照明条件を前記照明光学系に設定する調整装置とを備えたことを特徴とするフォトマスクの製造装置。

【請求項 12】 前記調整装置は、前記照明光学系内の前記マスターマスクのパターン面に対するフーリエ変換面上での前記照明光の強度分布を変更する光学部材を有することを特徴とする請求項 11 記載のフォトマスクの製造装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば半導体集積回路、撮像素子（CCD 等）、液晶ディスプレイ、又は薄膜磁気ヘッド等のマイクロデバイスをリソグラフィ技術を用いて製造する際に使用されるフォトマスクの製造方法、及び装置に関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

半導体集積回路等のデバイスを製造する際に、形成すべき回路パターンを例えば4～5倍程度に拡大したマスクパターン（原版パターン）が形成されたフォトマスクを使用して、そのマスクパターンの像を縮小投影光学系を介してウエハ等の被露光基板上に投影する転写方式が用いられている。このような、フォトマスクのパターンの転写の際に使用されるのが露光装置であり、ステップ・アンド・リピート方式等の縮小投影露光装置で使用されるフォトマスクは、レチクルとも呼ばれている。

## 【0003】

従来、そのようなレチクルは、所定の基板（ブランクス）上に遮光膜を形成してレジストを塗布した後、電子線描画装置、又はレーザビーム描画装置を用いてそれぞれ所定のパターンを描画して現像を行うことでレジストのパターンニングを行い、残されたレジストパターンをマスクとしてその遮光膜をエッチングすることによって製造されていた。最近では、レチクルのマスクパターン（レチクルパターン）をウエハ上へ転写する際には、縮小投影光学系による解像度を高めるため、縮小投影露光装置の照明光学系には、コヒーレンスファクタ（ $\sigma$ 値）の大きい照明条件が設定されたり、又は輪帯照明等の変形照明が使用されたりする場合がある。

## 【0004】

更に、縮小投影時の解像度を高めても、もとのレチクルパターンの精度以上の線幅精度等が得られないため、レチクルを製造する段階において、微細な原版パターンを高解像度及び高い線幅均一性で、かつ高い位置精度で基板上に形成することが求められている。

## 【0005】

## 【発明が解決しようとする課題】

上記のように従来より、縮小投影時の解像度を高めることと共に、レチクル（ワーキングレチクル）のパターン自体の精度を高めることが求められている。これに関して、縮小投影時の解像度  $R$  は、露光波長を  $\lambda$ 、投影光学系の開口数を  $N$

Aとすると、一般に次式により定義される。

【0006】

$$R = k \cdot \lambda / NA \quad (1)$$

ただし、 $k$ はプロセス係数である。このプロセス係数 $k$ の値は、従来は0.6程度であったが、最近では0.5程度となっており、更に0.4程度まで小さくなることが予想されている。これは、ウエハ上に塗布される感光材料（フォトレジスト）の進歩によるところも大きい。原理的には回折限界で規定される解像度（ $= \lambda / NA$ ）に対して、より厳しい条件での露光転写が要求されていることに他ならない。

【0007】

しかしながら、このように解像度 $R$ がより小さくなると、ウエハ上に転写されるパターンの密集度が高まり、ひいてはレチクルパターンの密集度も高まることになる。その結果として、主に光近接効果によって、ウエハ上に転写されるパターンのレチクルパターンに対する忠実度が低下して、ウエハ上に転写されるパターンと、設計上でレチクルパターンを所定倍率で縮小したパターンとの間に差異が生じるという問題が生じている。即ち、或る程度以上に微細な（線幅の細い）パターンについては、レチクル上でそのパターンの近傍に他のパターンが存在するかしないかによって、レチクルパターンの線幅とウエハ上に転写されるパターンの線幅との間の比例関係が崩れ、ウエハ上に転写されるパターンの線幅が変動してしまうという不都合が生じる。

【0008】

また、解像度を向上させるためコヒーレンスファクタ（ $\sigma$ 値）を大きくしたり、輪帯照明等の変形照明を使用する場合には、この光近接効果の影響が一層大きくなり、ウエハ上に転写されるパターンの忠実度は一層悪化してしまう。

なお、この光近接効果によるパターンの変形を補正するため、レチクル上のパターンの線幅を、そのパターン近傍における他のパターンの有無によって変化させる、いわゆるOPC (Optical Proximity Correction) 処理も使用されている。しかしながら、このOPC処理は、膨大なデータ量を持つレチクルパターンの全てに関して、各パターンの近傍での他のパターンの有無を判断して補正を行うた



め、その処理に要する時間が膨大であり、データ処理コストも高いという不都合がある。また、OPC処理後のレチクルパターンのデータ量は、OPC処理前の設計データに比べて数倍にも増大し、例えば電子線描画装置により所定の基板上にレチクルパターンを描画する際の時間も数倍に増大するため、レチクルの製造コストが大幅に上昇してしまうという不都合がある。

【0009】

本発明は斯かる点に鑑み、マスクパターンを転写する際に生じる光近接効果に対する補正が施されたフォトマスクを、短時間、かつ低コストに製造できるフォトマスクの製造方法を提供することを第1の目的とする。

また、本発明は、そのようなフォトマスクの製造方法を実施できるフォトマスクの製造装置を提供することを第2の目的とする。更に、本発明は、そのようなマスクの製造方法を用いたデバイスの製造方法を提供することをも目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】

本発明による第1のフォトマスクの製造方法は、所定の第1の条件のもとで投影光学系(33)を介して転写されるパターンが形成されたフォトマスク(WR)の製造方法であって、そのパターンを拡大した親パターンを第1基板(40)上に描画することによってマスターマスク(MR)を作製し、その第1の条件に応じて設定された第2の条件のもとで、そのマスターマスクのその親パターンを縮小投影光学系(6)を介して第2基板(26)上に転写してそのフォトマスクを作製するものである。

【0011】

斯かる本発明によれば、その第1の条件(照明条件、結像条件、フォトレジストの特性、又は露光量等)のもとでは、例えば光近接効果によって転写されるパターンの線幅が変化するものとする。一例として、その第1の条件のもとでの光近接効果が、フォトマスクのパターンの内その近傍に他のパターンが存在しない部分(孤立的部分)の線幅を細くする方向に働く場合には、その第2の条件のもとで生じる光近接効果が、その孤立的部分の線幅を太くする方向に働くようにその第2の条件を設定する。従って、その第2基板上には孤立的部分の線幅が太く

なったパターンが形成され、このパターンをその第1の条件のもとで転写する際に生じる光近接効果による線幅の変化は、予めその第2の条件のもとで生じる光近接効果による線幅の変化により相殺、又は低減されている。即ち、第2基板上に形成されるパターンは、第1の条件の光近接効果に対する補正がされたものとなる。

#### 【0012】

また、そのマスターマスクのその親パターンをその第2基板上に転写する際には、例えばステッパー等の光学式の投影露光装置が使用される。このため、その第1の条件のもとで生じる光近接効果に対する補正を、光学的にその親パターンの全体に対して一括して施すことができる。従って、電子線描画装置等を使用する場合のように、設計データ上でそのフォトマスクを構成する各パターン毎に補正処理を行う方式と比較して、補正処理に要する時間が大幅に短縮される。更に本発明によれば、そのマスターマスク上に親パターンを描画する際には例えば電子線描画装置が使用される。この際に、その親パターンはそのフォトマスクのパターンの拡大パターンであるため、実用上はその親パターンを分割したパターンが複数枚のマスターマスクに描画される。しかしながら、この際の各マスターマスク毎の描画データ量は少ないと共に、補正処理によるパターンのデータ量の増加もないため、各マスターマスクの描画時間は短くなる。

#### 【0013】

また、その描画誤差はそのマスターマスクの縮小倍率分だけ小さくなるため、その描画精度を従来よりも高めることなく、実質的に高精度にそのフォトマスクのパターンを形成できる。更に、複数枚のフォトマスクを製造する場合にも、単にそのマスターマスクのパターンを繰り返して転写すればよい。以上より、第1の条件のもとで生じる光近接効果に対する補正が施されたフォトマスクを、短時間に、高精度に、かつ低コストに製造することができる。

#### 【0014】

次に、本発明による第2のフォトマスクの製造方法は、所定の第1の照明条件のもとで投影光学系(33)を介して転写されるパターンが形成されたフォトマスク(WR)の製造方法であって、そのパターンを拡大した親パターンを第1基

板(40)上に描画することによってマスターマスク(MR)を作製し、その第1の照明条件による投影像の変化を相殺するように設定された第2の照明条件のもとで、そのマスターマスクのその親パターンを縮小投影光学系(6)を介して第2基板(26)上に転写してそのフォトマスクを作製するものである。

## 【0015】

斯かる第2のフォトマスクの製造方法によれば、その第1の照明条件のもとで例えば光近接効果によって投影像に変化(線幅の変化等)が生じる場合には、その第2の照明条件は、逆特性の光近接効果を持つように、即ちこれに伴う光近接効果によってその投影像の変化量を相殺するような投影像の変化量を生じさせるように設定される。これによって、その第1の照明条件のもとで生じる光近接効果に対する補正が施されたフォトマスクを、短時間、かつ低コストに製造することができる。

## 【0016】

この場合、一例として、その第1の照明条件(又は第2の照明条件)が、コヒーレンスファクタが0.7以上の照明、又は輪帯照明であるときには、その第2の照明条件(又は第1の照明条件)は、コヒーレンスファクタが0.4以下で0.1以上の照明である。

次に、本発明による第1のフォトマスクの製造装置は、所定の第1の照明条件のもとで投影光学系(33)を介して転写されるパターンが形成されたフォトマスク(WR)の製造装置であって、そのパターンを拡大した親パターンが描画されたマスターマスク(MR)を保持するマスクステージ(13)と、このマスクステージ上のマスクを複数の照明条件の何れかで照明する照明光学系(1~5)と、その複数の照明条件中からその第1の照明条件による投影像の変化を相殺するように選択した第2の照明条件をその照明光学系に設定する制御系(18)と、そのマスクステージ上のマスクのパターンの像を所定の基板(26)上に転写する縮小投影光学系(6)とを有するものである。斯かる本発明の製造装置によれば、本発明のフォトマスクの製造方法を実施することができる。

## 【0017】

次に、本発明によるデバイスの製造方法は、所定のデバイスの製造方法であっ

て、そのデバイスの所定のレイヤのパターン(20)を $\alpha$ 倍( $\alpha$ は1より大きい実数)に拡大した第1パターン(21)を作成し、この第1パターンを照明する際の第1の照明条件を設定する第1工程と、この第1パターンを $\beta$ 倍( $\beta$ は1より大きい実数)に拡大した親パターン(22)を1枚又は複数枚の第1基板上に描画することによってマスターマスク(Ri)を作製する第2工程と、その第1の照明条件による投影像の変化を相殺するように設定された第2の照明条件のもとでそのマスターマスクのパターンを $1/\beta$ 倍に縮小した光学像(PWi)を第2基板上に転写することによってワーキングマスク(WR)を作製する第3工程と、その第1の照明条件のもとでそのワーキングマスク上のパターンを $1/\alpha$ 倍に縮小した像をその第3基板(W)上に転写する第4工程と、を有するものである。

## 【0018】

斯かる本発明のデバイスの製造方法によれば、第1の照明条件のもとでマスクパターンを転写する際の光近接効果に対するパターンの補正が施されたフォトマスクを短時間に低コストに製造できる。特に複数枚のフォトマスクを短時間に低コストに製造できるため、線幅精度等に優れた高機能のデバイスを、短時間に低コストで量産することができる。

## 【0019】

次に、本発明による第3のフォトマスクの製造方法は、デバイス製造に用いられる露光装置によって感光基板上に転写されるパターン(21)を有するフォトマスク(WR)の製造方法であって、そのパターンを拡大した親パターン(22)の少なくとも一部(Pi)が形成されるマスターマスク(Ri)を投影光学系(6)の物体面側に配置し、その少なくとも一部の親パターンの近接度に応じた照明条件でそのマスターマスクを照明するとともに、その投影光学系を介してその像面側に配置されるフォトマスク製造用の基板(26)上に、その少なくとも一部の親パターンの縮小像を転写してそのフォトマスクを製造するものである。

## 【0020】

斯かる本発明の第3のフォトマスクの製造方法によれば、デバイスを製造する際に生じる光近接効果に対する補正が施されたフォトマスクを、短時間、かつ低

コストに製造することができる。

次に、本発明による第2のフォトマスクの製造装置は、デバイス製造に用いられる露光装置によって感光基板上に転写されるパターン(21)を有するフォトマスク(WR)の製造装置であって、そのパターンを拡大した親パターン(22)の少なくとも一部(Pi)が形成されたマスターマスク(Ri)を照明する照明光学系(1~5)と、そのマスターマスクの縮小像をフォトマスク製造用の基板(26)上に投射する投影光学系(6)と、その少なくとも一部の親パターンの近接度に応じたそのマスターマスクの照明条件をその照明光学系に設定する調整装置(18)とを備えたものである。斯かる本発明の製造装置によれば、本発明のフォトマスクの製造方法を実施することができる。

#### 【0021】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態の一例につき図面を参照して説明する。本例は、本発明をフォトマスクとしての半導体デバイス製造用のワーキングレチクルを製造する場合に適用したものである。

図1は、本例のワーキングレチクル製造用の光学式の投影露光装置を示し、この図1において、露光光源1より射出された露光用の照明光(露光光)ILは、リレーレンズ2、及びフライアイレンズ3を介して照明系の開口絞り(以下、「 $\sigma$ 絞り」という)4を照明する。 $\sigma$ 絞り4の開口の大きさは、駆動系4aにより調整自在な構成となっている。装置全体の動作を統轄制御する主制御系16の制御のもとで、照明光学系制御装置18が露光光源1の発光、及び $\sigma$ 絞り4の開口径の制御を行う。また、不図示であるが、 $\sigma$ 絞り4を、輪帯状の開口を持つ輪帯照明用の開口絞り、及び複数の小開口を持つ変形照明用の開口絞りと交換する交換装置も配置されている。なお、露光光ILとしては、KrFエキシマレーザ光(波長248nm)、ArFエキシマレーザ光(波長193nm)等のエキシマレーザ光、F<sub>2</sub>レーザ光(波長157nm)、YAGレーザの高調波、又は水銀ランプのi線(波長365nm)等が使用できる。

#### 【0022】

そして、 $\sigma$ 絞り4を通過した露光光ILは、コンデンサレンズ系5を介して転

写対象のマスターレチクルMRを照明する。マスターレチクルMRは、ガラス基板等の基板40のパターン形成面（下面）に所定のマスクパターンを拡大した親パターンを描画によって形成したものである。マスターレチクルMRを透過した露光光ILは、投影光学系6を介してワーキングレチクル用のガラス基板等の基板26上にその親パターンを縮小倍率 $1/\beta$ （ $1/\beta$ は、例えば $1/4$ 、 $1/5$ 等）で縮小した像を形成する。投影光学系6中のマスターレチクルMRのパターン形成面に対する光学的なフーリエ変換面（瞳面）には、可変の開口絞り7が配置されており、開口絞り7によって投影光学系6の射出側（基板26側）の開口数NA、ひいては入射側（マスターレチクルMR側）の開口数 $NA_m$ が規定されている。

## 【0023】

なお、コンデンサレンズ系5は簡略化して表されているが、実際には内部で一度結像を行うと共に、その結像面にレチクルブラインド（視野絞り）を備えた光学系である。露光光源1、リレーレンズ2、フライアイレンズ3、 $\sigma$ 絞り4、及びコンデンサレンズ系5から本例の照明光学系が構成されている。この場合、 $\sigma$ 絞り4は、マスターレチクルMRのパターン形成面に対してコンデンサレンズ系5に関して光学的なフーリエ変換面に配置されている。このため、露光光ILのマスターレチクルMRへの入射角の最大値、即ち開口半角 $\theta_1$ は、 $\sigma$ 絞り4の開口の大きさを調整することによって所望の値に設定される。以下では、この開口半角 $\theta_1$ の正弦である $\sin \theta_1$ を「照明光学系の開口数 $NA_i$ 」と呼ぶ。また、この照明光学系の開口数 $NA_i$ の、投影光学系6の入射側の開口数 $NA_m$ に対する比の値（ $=NA_i/NA_m$ ）は、一般にコヒーレンスファクタ（ $\sigma$ 値）と呼ばれている。

## 【0024】

本例の投影露光装置の解像度Rは、通常の投影露光装置と同様に、露光波長 $\lambda$ 、プロセス係数k、投影光学系6の射出側の開口数NAを用いて次式で表される。

$$R = k \cdot \lambda / NA \quad (2)$$

また、その射出側の開口数NAは、基板26上の一点に集光する光束の入射角

の最大値（開口半角） $\theta_3$ の正弦であり（即ち、 $NA = \sin \theta_3$ ）、投影光学系6の入射側の開口数 $NA_m$ は、マスターレチクルMR上の一点から発して基板26に到達する光束のマスターレチクルMRに対する射出角の最大値（開口半角）の正弦である（即ち、 $NA_m = \sin \theta_2$ ）ため、次の関係がある。

【0025】

$$NA = \beta \times NA_m \quad (3)$$

ただし、上記のように $1/\beta$ は投影光学系6の縮小倍率である。また、マスターレチクルMRを通過して基板26に到達する光束は、投影光学系6内の開口絞り7によって制限されるため、開口絞り7の開口の大きさを調整自在な構成とすることで、開口数 $NA$ 、ひいては開口数 $NA_m$ を所望の値に調整することができる。以下、投影光学系6の光軸AXに平行にZ軸を取り、Z軸に垂直な平面内で図1の紙面に平行にX軸を、図1の紙面に垂直にY軸を取って説明する。

【0026】

まず、マスターレチクルMRは、レチクルステージ13上に保持され、レチクルステージ13は、レチクルベース14上でマスターレチクルMRをX方向、Y方向、及び回転方向に所定範囲内で位置決めする。レチクルステージ13（マスターレチクルMR）の位置は、レチクルステージ駆動系15内に組み込まれたレーザー干渉計によって高精度に計測されており、その位置情報及び主制御系16からの制御情報に基づいて、レチクルステージ駆動系15はレチクルステージ13の位置を制御する。

【0027】

また、マスターレチクルMRの上方には、レチクルアライメント顕微鏡（以下、「RA顕微鏡」という）19A、19Bが配置され、このRA顕微鏡11により、マスターレチクルMR上のアライメントマーク27A、27B（図4参照）の位置が計測され、その計測結果が主制御系16に供給される。主制御系16は、この計測結果に基づいてマスターレチクルMRのアライメントを行う。

【0028】

一方、ワーキングレチクル用の基板26は、不図示の基板ホルダ上に吸着保持され、この基板ホルダはZチルトステージ8上に固定され、Zチルトステージ8

はXYステージ9上に2次元的に移動自在に載置されている。XYステージ9は、例えばリニアモータ方式でX方向、Y方向にZチルトステージ8を位置決めする。そして、Zチルトステージ8の上端に固定された移動鏡10、及びレーザ干渉計11によってZチルトステージ8のX座標、Y座標及び回転角が計測され、これらの計測値が主制御系16、及び基板ステージ駆動系12に供給され、基板ステージ駆動系12は、その計測値及び主制御系16からの制御情報に基づいて、XYステージ9の動作を制御する。

## 【0029】

また、Zチルトステージ8には、基板26のフォーカス位置（光軸AX方向の位置）、及び傾斜角を制御する駆動機構が組み込まれている。そして、不図示のオートフォーカスセンサにより、基板26の表面の複数の計測点でフォーカス位置が計測されており、この計測結果に基づいてZチルトステージ8は、オートフォーカス方式、及びオートレベリング方式で基板26の表面を投影光学系6の像面に合わせ込む。Zチルトステージ8、及びXYステージ9より基板ステージが構成されている。

## 【0030】

また、1枚の基板26上に、マスターレチクルMR、及び他のマスターレチクルの親パターンの縮小像を画面継ぎしながら露光することも可能であり、この場合には、レチクルステージ13の近傍に設けられたレチクルローダ（不図示）により、マスターレチクルの交換が行われる。そして、レチクルステージ13上に搬送されるマスターレチクル（例えばパターン面、又は端面）にはそれぞれ親パターンの種類、及びワーキングレチクル上に転写されてからの照明条件や結像条件等の条件がバーコードBCとして記録されており、主制御系16は、バーコードリーダ17を介して各マスターレチクルにそれぞれ付設されたバーコードBCを読み込むことによって、その条件を認識する。主制御系16内の記憶部には、バーコードBCから読み取られる条件に対応する照明条件等の情報が例えばテーブルとして記憶されており（詳細後述）、この情報に基づいて当該マスターレチクルMRに対する照明条件（ $\sigma$ 値等）等を設定する。

## 【0031】



実際に、マスターレチクルMR上の親パターンの像を基板26上に転写する際には、基板26上には予めクロム(Cr)膜等の遮光膜を形成し、この上にフォトレジストを塗布しておく。そして、まずRA顕微鏡19A, 19Bを用いてマスターレチクルMRのアライメントを行った後、XYステージ9を駆動することによってZチルトステージ8上の基板26の所定のショット領域を投影光学系6の露光領域に移動する。また、マスターレチクルMR上の所望のパターンのみが照明されるように、コンデンサレンズ系5内の不図示のレチクルブラインドを調整して、照明光学系からの露光光ILによってマスターレチクルMRを照明し、その照明されたパターンの縮小像を投影光学系6を介して基板26上に投影露光する。続いて、仮にマスターレチクルMR上の異なる領域のパターンの像を、基板26上の異なるショット領域に転写する際には、上記のレチクルブラインドをその異なる領域のパターンが照明されるように再調整し、Zチルトステージ8をステップ移動させて基板26上の次のショット領域を投影光学系6の露光領域に移動して、画面継ぎを行いながら露光光ILを照射する。

#### 【0032】

また、マスターレチクルMRとは異なる別のマスターレチクルのパターンを露光する際には、レチクルステージ13上でマスターレチクルの交換を行った後、Zチルトステージ8(基板26)のステップ移動を行ってから、画面継ぎを行いながら露光を行う。このようにして、基板26上の複数のショット領域にマスターレチクルのパターン像を露光するという動作がステップ・アンド・リピート方式で繰り返されて、基板26上に所定の親パターンの全体の縮小像が転写される。その後、フォトレジストの現像、遮光膜のエッチング、レジスト剥離等の工程を経ることで、基板26はワーキングレチクルWR、即ち実際にデバイスのパターンを露光する際に使用されるレチクルとなる。

#### 【0033】

このようにして本例の光学式の投影露光装置により製造されたワーキングレチクルWRは、図1の投影露光装置とほぼ同様な構成の半導体デバイス製造用の投影露光装置に装填される。

図4に示すように、この投影露光装置は照明光学系31、及び縮小倍率 $1/\alpha$

( $1/\alpha$ は例えば $1/4$ 、 $1/5$ 等)の投影光学系33を備え、所定の照明条件の照明光学系31からの露光用の照明光(露光光)32によってワーキングレチクルWRが照明され、そのワーキングレチクルWRのパターンの縮小像24が投影光学系33を介してウエハW上のショット領域SAに転写される。半導体デバイス製造用の投影露光装置のステージ系等は、図1のワーキングレチクル製造用の投影露光装置とほぼ同様の構成であるため、ここでの説明は省略する。もちろん、半導体デバイス製造用の投影露光装置では、図1のマスターレチクルMRがワーキングレチクルWRに、基板26がウエハに置き換えられる。

#### 【0034】

次に、図4に示すように照明光学系31でワーキングレチクルWRを照明し、このパターンの縮小像を投影光学系33を介してウエハW上に転写する際には、光近接効果によって或る程度の投影像の変形、ひいては形成されるパターンの変形が生じる。特に転写対象のパターンが微細な密集パターンである場合には、その変形量が所定の許容範囲を超える恐れがある。そこで、本例では、図2を参照して説明するように、光近接効果の影響の補正を行うようにしている。

#### 【0035】

図2(A)は、本例のマスターレチクルMRを示し、この図2(A)において、マスターレチクルMRは、基板40上にパターンP1A~P5Aよりなる親パターン41を形成したものである。親パターン41は、最終的に製造される半導体デバイスの或るレイヤの回路パターンを相似に拡大したものである。親パターン41の大きさは、半導体デバイス製造用の投影露光装置(図4の投影光学系33)の縮小倍率 $1/\alpha$ 、及びワーキングレチクル製造用の投影露光装置(図1の投影光学系6)の縮小倍率 $1/\beta$ を用いて、最終的に製造される半導体デバイスの回路パターンを $\alpha \cdot \beta$ 倍に拡大したものとなっている。なお、親パターン41を構成する各パターンは、便宜上太い線幅で表されているが、実際にはそれぞれ幅が $\mu\text{m}$ のオーダーの微細なパターンである。また、図2(A)と、図2(B1)、(B2)と、図2(C1)、(C2)とは実際には相互の倍率が異なっているが、便宜上図面上では同じ大きさで示している。

#### 【0036】

ところで、従来は、図4の投影光学系33の縮小倍率 $1/\alpha$ の逆数の $\alpha$ 倍を用いて、図2(B2)に示すように、最終的に製造される半導体デバイスの回路パターンを $\alpha$ 倍に拡大したマスクパターン41B2を基板上に描画してワーキングレチクルWR'を製造していた。そのマスクパターン41B2を構成するパターンP1B'~P5B'は、図2(A)の親パターン41のパターンP1A~P5Aをそれぞれ正確に $1/\beta$ 倍に縮小したパターンでもある。しかしながら、このワーキングレチクルWR'のマスクパターン41B2を転写すると、光近接効果によってウエハ上に形成されるパターンが変形してしまう場合がある。特に、最近の半導体デバイス製造用の投影露光装置では、解像度を高めるため照明条件をコヒーレンスファクタ( $\sigma$ 値)の大きい条件( $1 \geq \sigma \geq 0.7$ )にしたり、輪帯照明等の変形照明を使用したりしているため、転写されるパターンの内、ワーキングレチクル上においてその近傍に他のパターンが存在しない部分(孤立的部分)の像が、光近接効果により細くなって転写されてしまう。

## 【0037】

図2(C2)は、図2(B2)のワーキングレチクルWR'のマスクパターン41B2を $\sigma$ 値の大きな照明条件( $1 \geq \sigma \geq 0.7$ )で露光した際にウエハ上に形成されるパターン41C2を示し、この図2(C2)において、パターン41C2の内のパターンP1C', P2C', P3C'の孤立的部分は、光近接効果により細くなって転写されている。一方、パターンP1C'の周期的部分、及び周期的なパターンP4C', P5C'はそれぞれ本来の線幅で転写されている。従来は、このような光近接効果によるパターンの変形を補正するために、OPC(Optical Proximity Correction)処理を適用して、ワーキングレチクルのマスクパターンを描画する際に、予めマスクパターンの孤立的部分の線幅を太めに修正していたが、既に説明したようにOPC処理を適用するとそのパターンの補正データ量が膨大となり、描画時間がかなり長くなってしまう。

## 【0038】

そこで、本例では、図2(A)のマスタレチクルMRを用いて、半導体デバイス製造用の投影露光装置の照明条件に応じて、ワーキングレチクル製造用の投影露光装置の照明条件を設定することによって、ワーキングレチクルのマスクパ

ターンを転写する際の光近接効果によるパターンの変形を補正する。例えば本例の投影露光装置の図4の照明光学系31では、解像度を高めるために照明条件をコヒーレンスファクタ ( $\sigma$  値) の大きな条件 ( $1 \geq \sigma \geq 0.7$ ) としているため、図1の投影露光装置の照明条件は、 $\sigma$  値の小さな条件 ( $0.1 \leq \sigma \leq 0.4$ ) に設定される。

## 【0039】

この場合、 $\sigma$  値が0.1より小さいと、露光光の光量が低下すると共に、投影光学系の収差の影響が大きくなる。また、 $\sigma$  値が0.4より大きいと、光近接効果の影響が小さくなり、十分な補正量が得られない。この $\sigma$  値の小さな照明条件で、図2(A)のマスターレチクルMRの親パターン41を基板26上に縮小投影して、現像及びエッチングを行った結果、図2(B1)に示すように、ワーキングレチクルWR上にマスクパターン41B1が形成される。図2(B1)のワーキングレチクルWRにおいては、 $\sigma$  値が小さいために、光近接効果が $\sigma$  値が大きい場合とは逆に孤立的部分の線幅を太くする方向に働くため、マスクパターン41B1を構成するパターンP1B, P2B, P3Bの孤立的部分の線幅が設計値(親パターン41を正確に $1/\beta$ 倍した幅)より太くなって形成され、パターンP1Bの周期的部分、及び周期的なパターンP4B, P5Bの線幅は設計値通りである。

## 【0040】

次に、半導体デバイス製造用の投影露光装置を用いて、ワーキングレチクルWRのマスクパターン41B1の縮小像をウエハ上に転写する。この際に生じる光近接効果は、ワーキングレチクル製造用の投影露光装置において生じる光近接効果を相殺するように孤立的部分を細くする方向に働くため、図2(C1)に示すように、ウエハ上に形成されるパターン41C1を構成するパターンP1C~P5Cの寸法は設計値通りのものとなる。

## 【0041】

なお、半導体デバイス製造用の投影露光装置において、輪帯照明等の変形照明を使用する場合にも、光近接効果は孤立的部分を細くする方向に働くため、この場合にも、ワーキングレチクル製造用の投影露光装置の照明条件は、光近接効果

が孤立的部分を太くする方向に働くようなコヒーレンスファクタ ( $\sigma$  値) の小さい条件 ( $0.1 \leq \sigma \leq 0.4$ ) に設定される。

#### 【0042】

なお、半導体デバイス製造用の投影露光装置の高解像度化技術として、位相シフトレチクルを使用する場合には、その投影露光装置のコヒーレンスファクタ ( $\sigma$  値) を0.4程度以下に絞った方が好ましい場合もある。このような場合には、半導体デバイス製造用の投影露光装置において生じる光近接効果が孤立的部分を太くする方向に働くため、ワーキングレチクル製造用の投影露光装置では、光近接効果が孤立的部分を細くする方向に働くように、コヒーレンスファクタ ( $\sigma$  値) を0.7程度以上で1以下に設定するか、照明光学系を輪帯照明に設定するものとする。これによって、ワーキングレチクルとして位相シフトレチクルを使用する場合にも、OPC処理を行うことなくウエハ上に設計値通りの寸法のパターンを形成することができる。

#### 【0043】

以上の実施の形態において、1枚のマスタレチクルMRから転写できる領域は最新の光学式の投影露光装置を使用した場合であっても、20mm角程度の面積であり、更に1/4倍に縮小するものとする、ウエハ上では5mm角程度の面積にしかない。そのため、実際にワーキングレチクルWRを製造する際には、複数枚のマスタレチクルを製造し、それらの親パターンを画面継ぎを行いながら順次ワーキングレチクル用の基板26に転写することになる。

#### 【0044】

次に、上記の実施の形態のワーキングレチクルの製造方法を適用した半導体デバイスの製造工程の一例につき図3、及び図4を参照して説明する。

図3は、本例のマスタレチクルに形成される親パターンの設計工程を示し、この図3において、まず最終的に製造される半導体デバイスの或るレイヤの回路パターン20が設計される。回路パターン20は直交する辺の幅がdX, dYの矩形の領域内に種々のライン・アンド・スペースパターン等を形成したものである。なお、図3及び図4に示されている回路パターン20等は、実際の回路パターンに比べて太い線幅の仮想的なパターンである。本例では、その回路パターン

20を $\alpha$ 倍( $\alpha > 1$ )に拡大して、直交する辺の幅が $\alpha \cdot dX$ ,  $\alpha \cdot dY$ の矩形の領域よりなるマスクパターン21をコンピュータの設計データ(画像データを含む)上で作成する。 $\alpha$ 倍は、ワーキングレチクルが使用される投影露光装置の縮小倍率( $1/\alpha$ )の逆数であり、 $\alpha$ は例えば4, 5等である。

#### 【0045】

次に、そのマスクパターン21を $\beta$ 倍( $\beta > 1$ )に拡大して、直交する辺の幅が $\alpha \cdot \beta \cdot dX$ ,  $\alpha \cdot \beta \cdot dY$ の矩形の領域よりなる親パターン22を設計データ(画像データを含む)上で作成し、その親パターン22を縦横に分割してN個の部分親パターンP1, P2, ..., PNを設計データ上で作成する。図3では、 $N = 16$ の例が示されている。なお、 $\beta$ 倍は、図1の投影露光装置の投影光学系6の縮小倍率( $1/\beta$ )の逆数である。

#### 【0046】

図4は、本例のワーキングレチクル及び半導体デバイスの製造工程を示し、この図4において、まず図3の部分親パターンPi( $i = 1 \sim N$ )よりそれぞれ電子線描画装置(又はレーザビーム描画装置等も使用できる)用の描画データを生成し、その部分親パターンPiをそれぞれ等倍で、遮光膜が形成され、この上にレジストが塗布されたガラス基板上のパターン領域25に描画し、現像及びエッチングを行うことによって、マスターマスクとしてのマスターレチクルRi( $i = 1 \sim N$ )を作成する。この際に各マスターレチクルRi上には部分親パターンPiに対して所定の位置関係で2つの2次元マークよりなるアライメントマーク27A, 27Bを形成しておく。このアライメントマーク27A, 27Bは、画面継ぎ露光を行う際の位置合わせ用に使用される。

#### 【0047】

次に、図1のワーキングレチクル製造用の投影露光装置を用いて、そのN枚のマスターレチクルRiの部分親パターンPiの $1/\beta$ 倍の縮小像PWi( $i = 1 \sim N$ )を、順次画面継ぎを行いながら遮光膜が形成されフォトリジストが塗布された基板26上に転写し、現像、及びエッチング等を行ってマスクパターン23を形成することによってワーキングレチクルWRを製造する。また、基板26上には、マスクパターン23に対して所定の位置関係で2つの2次元のアライメン

トマーク 28A, 28B を形成しておく。アライメントマーク 28A, 28B は、マスクパターン 23 の一部として転写してもよい。

#### 【0048】

次に、半導体デバイス製造用の投影露光装置にワーキングレチクルWRをロードして、照明光学系 31 からの露光光 32 でワーキングレチクルWRを照明し、ワーキングレチクルWR上のマスクパターン 23 の像 24 を投影光学系 33 を介して縮小倍率  $1/\alpha$  で、フォトレジストの塗布されたウエハW上の各ショット領域SAに順次転写した後、現像やエッチング等を行うことにより、或るレイヤの回路パターンが形成される。更に、露光工程、パターン形成工程を繰り返した後、ダイシング工程やボンディング工程を経ることによって、所望のデバイスが製造される。

#### 【0049】

本例の半導体デバイス製造用の投影露光装置では、高解像度を得るため照明光学系 31 にはコヒーレンスファクタの大きい照明条件が設定されている。この際の光近接効果の影響を相殺するために、マスターレチクルRiの部分親パターンPiの縮小像を基板26上に転写するための投影露光装置の照明条件は、コヒーレンスファクタの小さい条件に設定されている。これによって、ウエハW上に投影される像24、ひいてはその上に形成される回路パターンの寸法は、最初に設計された回路パターン20（図3参照）通りのものとなる。

#### 【0050】

また、各部分親パターンPiは、 $1/\beta$ に縮小して投影されるため、電子線描画装置による各部分親パターンPiの描画誤差も実質的に $1/\beta$ に軽減される。更に、各部分親パターンPiの描画データは、図3の回路パターン20の描画データの $1/N$ であるため、各部分親パターンPiの描画時間は短くて済み、描画中のドリフトも小さくなるため、N枚のマスターレチクルR1～RNは、全体として短時間に、かつ高精度に製造することができる。更に、ワーキングレチクルWRを複数枚製造する場合には、そのN枚のマスターレチクルR1～RNのパターンを繰り返して転写すればよいだけであるため、複数枚のワーキングレチクルWRを極めて低コストに、かつ短時間に製造することができ、半導体デバイスを

安価に量産することができる。

【0051】

なお、本例のように分割した部分親パターンを全て異なるマスターレチクル R<sub>1</sub>～R<sub>N</sub>上に形成する必要はなく、いくつかの部分親パターンを、同一のマスターレチクル上に形成するようにしてもよい。この場合には、1枚のマスターレチクルに形成された複数の部分親パターンの内から所望の部分親パターンを選択してワーキングレチクル用の基板上に転写すればよい。

【0052】

また、このようにワーキングレチクルに形成するマスクパターンを複数の部分親パターンに分割する際には、例えば面積を等分して分割するようにしてもよいが、特定の機能を有するユニット回路パターン毎、例えばシステム L S I を構成する I P (Intellectual Property) 部毎に分割することが望ましい。即ち、C P U コア部、R A M 部、R O M 部、A / D 変換部、D / A 変換部等の各ユニット回路パターン毎に、それぞれ異なるマスターレチクルに形成することが望ましい。この場合には、異なる品種のシステム L S I 用のワーキングレチクルを製造する際に、共通する I P 部については、同一のマスターレチクルを使用することができ、マスターレチクルの製造枚数を少なくすることができる。従って、ワーキングレチクルの製造コスト、ひいてはシステム L S I の製造コストを削減することができる。

【0053】

また、親パターンを複数の部分親パターンに分割する際には、必ずしも各部分親パターン間のつなぎ部を直線とする必要はなく、パターンが分断されないようにパターンの形状にあわせてつなぎ部を形成するようにしてもよい。

なお、本例ではワーキングレチクルの製造に際して、一括露光型の投影露光装置を使用した。その代わりにステップ・アンド・スキャン方式のような走査露光型の縮小投影露光装置を使用してもよい。走査露光型の縮小投影露光装置では、露光時にマスターレチクルとレチクル基板とが投影光学系に対して縮小倍率比で同期走査される。光学式の走査型縮小投影露光装置を使用することによって、投影光学系のディストーション等が軽減できる。



## 【0054】

以上のように、本例では、設計データ上でマスクパターンにOPC処理を施す場合と比較して、マスクパターンを構成する各パターン毎に補正処理を施す必要がない。更に、補正処理によるパターンのデータ量の増大がなく電子線描画装置等による親パターンの描画時間も短くて済むため、ワーキングレチクルを製造する場合の製造時間が大幅に短縮され、低コストにワーキングレチクルを製造することができる。また、一般的な電子デバイスの製造ラインでは、量産品種の製造に際してその品種の製造に必要なワーキングレチクルを複数組作製し、複数の投影露光装置を使用して電子デバイスの製造が行われる。このような形態下では、一度マスターレチクルを製造すれば、そのマスターレチクルを繰り返し使用することによって、必要な枚数のワーキングレチクルを製造できるため、マスターレチクルを製造するための時間は、大きな負担とはならない。

## 【0055】

なお、図1のワーキングレチクル製造用の投影露光装置においては、投影光学系6のディストーションによるマスクパターンの位置ずれ量が補正されるように、マスターレチクルMR上での親パターンの形成位置を所定量ずらすことが好ましい。このようにマスクパターンの位置ずれを、マスターレチクルMRに親パターンを形成する段階、即ち形成するパターンが大きい段階で補正を行うことによって、高精度な位置補正を行うことができる。

## 【0056】

ところで、図1、図4に示した投影露光装置では、照明光学系内に配置するオプティカルインテグレータとしてフライアイレンズの代わりにロッドインテグレータを用いてもよく、あるいはフライアイレンズとロッドインテグレータとを組み合わせて用いてもよい。ロッドインテグレータを用いる場合にはその入射面が照明光学系内のフーリエ変換面とほぼ一致し、かつその射出面が照明光学系内でレチクルのパターン面とほぼ共役となるように配置される。従って、レチクルブラインド（視野絞り）はロッドインテグレータの射出面に近接して配置され、開口絞り板4はロッドインテグレータの入射面に近接して配置されるか、あるいはロッドインテグレータとレチクルとの間に設定されるフーリエ変換面（瞳面）に

配置される。

【0057】

また、図1、図4中の投影光学系は複数の屈折光学素子のみからなる屈折系に限られるものではなく、屈折光学素子と反射光学素子（凹面鏡等）とを有する反射屈折系、あるいは複数の反射光学素子のみからなる反射系であってもよい。ここで、反射屈折型の投影光学系としては、反射光学素子として少なくともビームスプリッタ、及び凹面鏡を有する光学系、反射光学素子としてビームスプリッタを用いずに凹面鏡とミラーとを有する光学系、米国特許第5031976号、第5788229号、及び第5717518号に開示されているように、複数の屈折光学素子と2つの反射光学素子（少なくとも一方は凹面鏡）とを同一光軸上に配置した光学系等がある。なお、図4中の投影光学系は等倍系、又は拡大系であってもよい。

【0058】

更に図1の投影露光装置では、照明光学系の開口絞りの交換装置、又は $\sigma$ 絞り4の駆動系4aを用いて変形照明の実施、又は $\sigma$ 値の変更等を行うものとしたが、例えば露光光源1とフライアイレンズ3との間に少なくとも1つの移動自在な光学素子を配置し、フライアイレンズ3の入射面上での照明光の強度分布（即ちその大きさ）を変更するように構成してもよい。また、その少なくとも1つの光学素子よりも露光光源1側に一对の円錐プリズム（アキシコン）を更に配置し、その一对のアキシコンの光軸方向に関する間隔を調整することで、フライアイレンズ3の入射面上での照明光を、その強度分布が中心部よりもその外側で高くなる輪帯状に変更可能に構成してもよい。これにより、フライアイレンズでは照明光学系内のフーリエ変換面に配置されるその射出側焦点面上、ロッドインテグレータではその入射面、あるいはその射出面とレチクルとの間に設定される照明光学系のフーリエ変換面上での照明光の強度分布を変更することが可能となる。また、 $\sigma$ 値を小さくしたり、あるいは通常照明を変形照明（例えば輪帯照明）に変更しても、その変更に伴う照明光の光量損失を大幅に低減することができ、高スループットの維持が可能となる。なお、照明光学系内のフーリエ変換面上での照明光の強度分布をその中心部よりも照明光学系の光軸から偏心した4つの局所傾

域内でそれぞれ高める変形照明法を採用する場合には、例えば一対のアキシコンの間隔調整によってフーリエ交換面上での照明光の強度分布を輪帯状にし、かつ4つの局所領域を規定するための遮光板（又は減光板）をそのフーリエ変換面に配置すればよい。

## 【0059】

また、エキシマレーザや $F_2$ レーザ等の代わりに、DFB半導体レーザ又はファイバーレーザから発振される赤外域、又は可視域の単一波長レーザを、例えばエルビウム（Er）（又はエルビウムとイッテリビウム（Yb）との両方）がドープされたファイバーアンプで増幅し、非線形光学結晶を用いて紫外光に波長変換した高調波を用いてもよい。

## 【0060】

例えば、単一波長レーザの発振波長を $1.51 \sim 1.59 \mu m$ の範囲内とすると、発生波長が $189 \sim 199 nm$ の範囲内である8倍高調波、又は発生波長が $151 \sim 159 nm$ の範囲内である10倍高調波が出力される。特に発振波長を $1.544 \sim 1.553 \mu m$ の範囲内とすると、 $193 \sim 194 nm$ の範囲内の8倍高調波、即ちArFエキシマレーザとほぼ同一波長となる紫外光が得られ、発振波長を $1.57 \sim 1.58 \mu m$ の範囲内とすると、 $157 \sim 158 nm$ の範囲内の10倍高調波、即ち $F_2$ レーザとほぼ同一波長となる紫外光が得られる。

## 【0061】

また、発振波長を $1.03 \sim 1.12 \mu m$ の範囲内とすると、発生波長が $147 \sim 160 nm$ の範囲内である7倍高調波が出力され、特に発振波長を $1.099 \sim 1.106 \mu m$ の範囲内とすると、発生波長が $157 \sim 158 \mu m$ の範囲内の7倍高調波、即ち $F_2$ レーザとほぼ同一波長となる紫外光が得られる。なお、単一波長発振レーザとしてはイッテリビウム・ドープ・ファイバーレーザを用いる。

## 【0062】

更に、露光用照明光は遠紫外光（DUV光）、又は真空紫外光（VUV光）等に限られるものではなく、波長が $5 \sim 15 nm$ 、例えば $13.4 nm$ 又は $11.5 nm$ の軟X線領域の極端紫外光（EUV光/XUV光）であってもよい。なお

、遠紫外光や真空紫外光等を用いる露光装置では一般的に透過型レチクルが用いられ、レチクル基板としては石英ガラス、フッ素がドーパされた石英ガラス、蛍石、フッ化マグネシウム、又は水晶等が用いられる。また、EUV露光装置では反射型マスクが用いられ、プロキシミティ方式のX線露光装置、又は電子線露光装置等では透過型マスク（ステンシルマスク、メンブレンマスク）が用いられ、マスク基板としてはシリコンウエハ等が用いられる。

【0063】

なお、複数の光学素子から構成される照明光学系、及び投影光学系を投影露光装置本体に組み込んで光学調整を行うとともに、多数の機械部品からなるレチクルステージやウエハステージを投影露光装置本体に取り付けて配線や配管を接続し、更に総合調整（電気調整、動作確認等）を行うことにより上記実施の形態の投影露光装置を製造することができる。なお、露光装置の製造は温度及びクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

【0064】

なお、本発明は上述の実施の形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得ることは勿論である。

【0065】

【発明の効果】

本発明の第1のフォトマスクの製造方法によれば、その第1の条件のもとで生じる例えば光近接効果に伴う投影像の変形に対する補正がされたフォトマスクを製造することができる。この際に、設計データ上でマスクのパターンを構成するパターン毎に補正を行う場合に比べて、補正処理に要する時間が大幅に短縮され、補正処理によるパターンのデータ量の増加もないため、マスターマスク上の親パターンを例えば電子線描画装置等を用いて描画する際に、その描画時間も大幅に短縮される。従って、その第1の条件のもとで生じる光近接効果に対する補正が実質的に施されたフォトマスクを低コスト、かつ短時間に製造することができる。

【0066】

同様に、本発明の第2のフォトマスクの製造方法によれば、その第1の照明条

件のもとで生じる光近接効果に対する補正が施されたフォトマスクを低コスト、かつ短時間に製造することができる。

次に、本発明の第1又は第2のフォトマスクの製造装置によれば、本発明のフォトマスクの製造方法を実施することができる。また、本発明のデバイスの製造方法によれば、光近接効果に対する補正が施されたフォトマスクを短時間に、かつ低コストで製造でき、ひいては高機能のデバイスを低コストに量産することができる。

【0067】

また、本発明の第3のフォトマスクの製造方法によれば、デバイスを製造する際に生じる光近接効果に対する補正が施されたフォトマスクを、短時間、かつ低コストに製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態の一例において使用されるワーキングレチクルの製造装置を示す概略構成図である。

【図2】 マスクパターンを転写する際に生じる光近接効果によるパターンの変形を補正する方法の説明図である。

【図3】 マスターレチクルに形成される親パターンの設計工程の一例を示す図である。

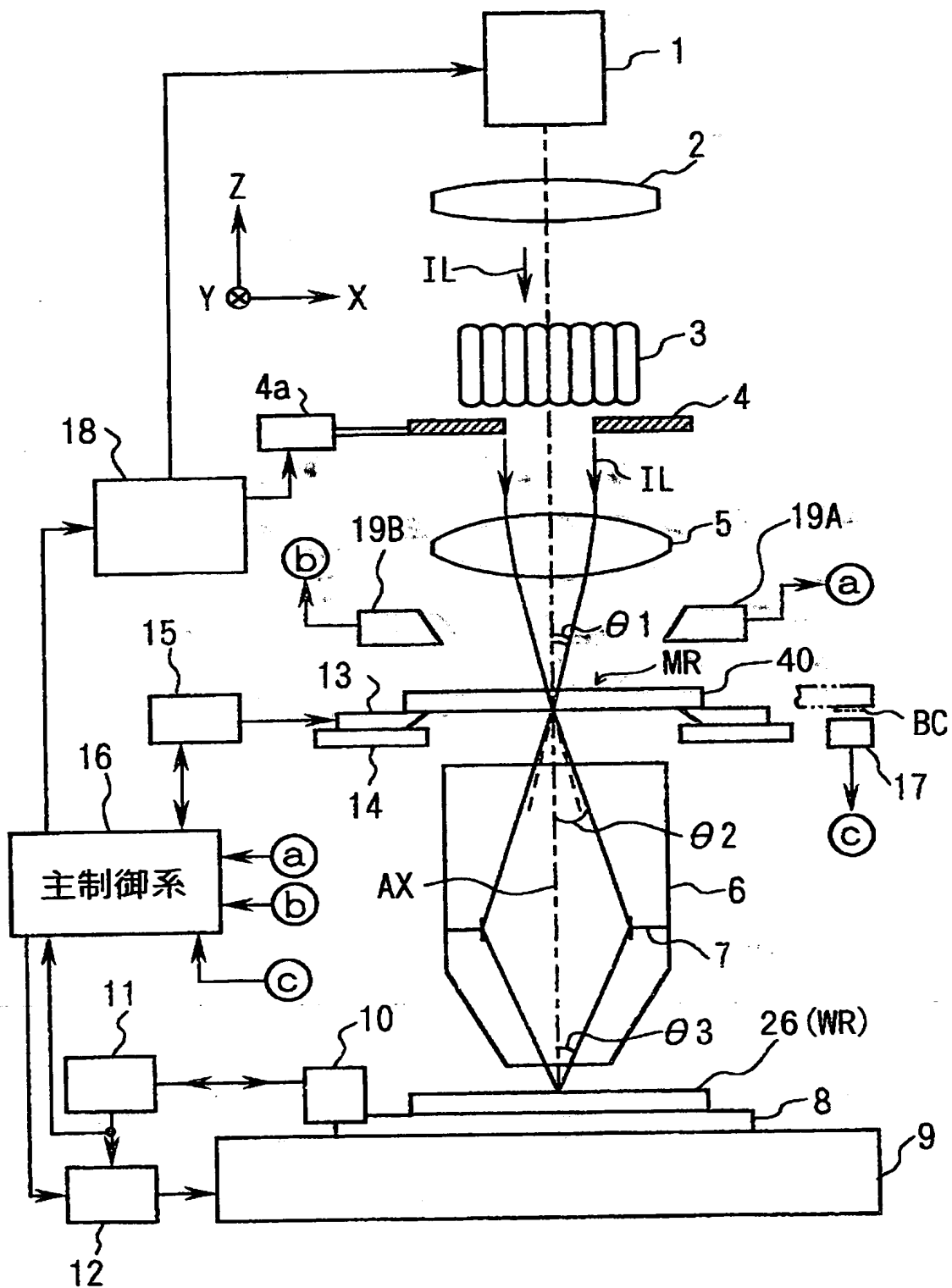
【図4】 ワーキングレチクル及び半導体デバイスの製造工程の一例を示す図である。

【符号の説明】

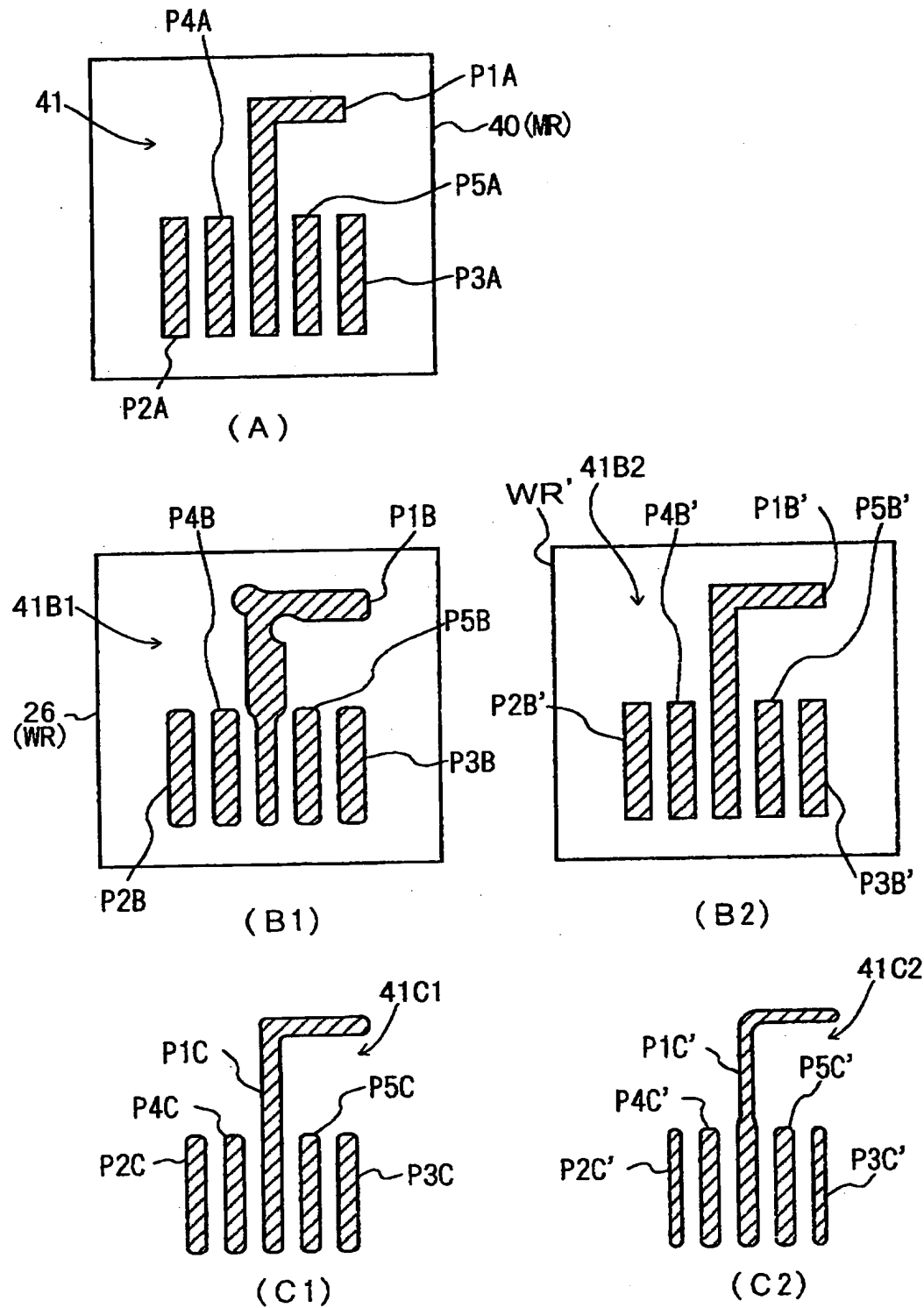
MR…マスターレチクル、W…ウエハ、WR…ワーキングレチクル、1…露光光源、4…照明系の開口絞り（ $\sigma$ 絞り）、5…コンデンサレンズ系、6…投影光学系、7…開口絞り、8…Zチルトステージ、9…XYステージ、13…レチクルステージ、14…レチクルベース、16…主制御系、18…照明光学系制御装置、20…回路パターン、21…拡大パターン、22…親パターン、23…マスクパターン、26…ワーキングレチクル用の基板、31…照明光学系、33…投影光学系

【書類名】 図面

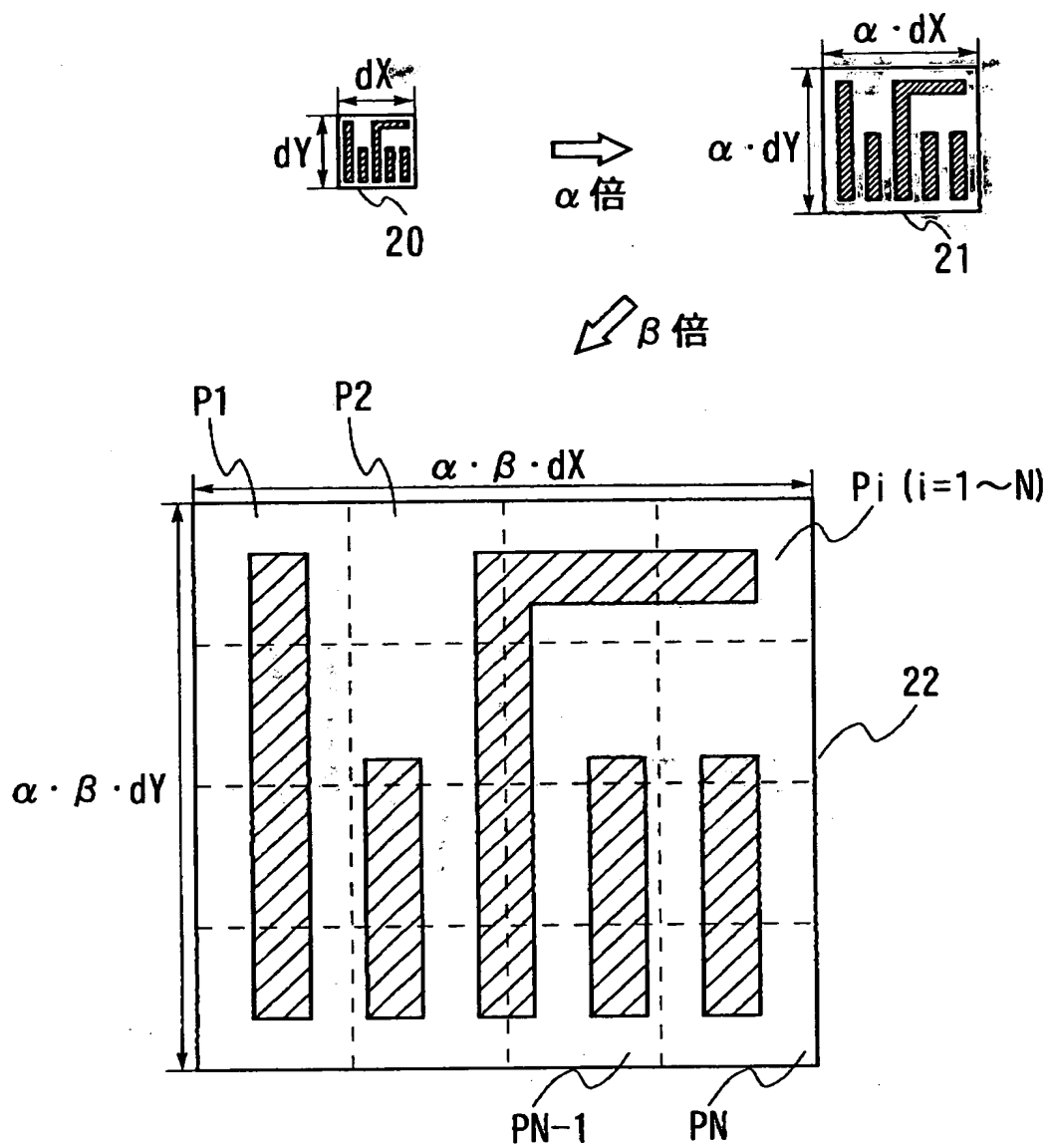
【図 1】



【図 2】

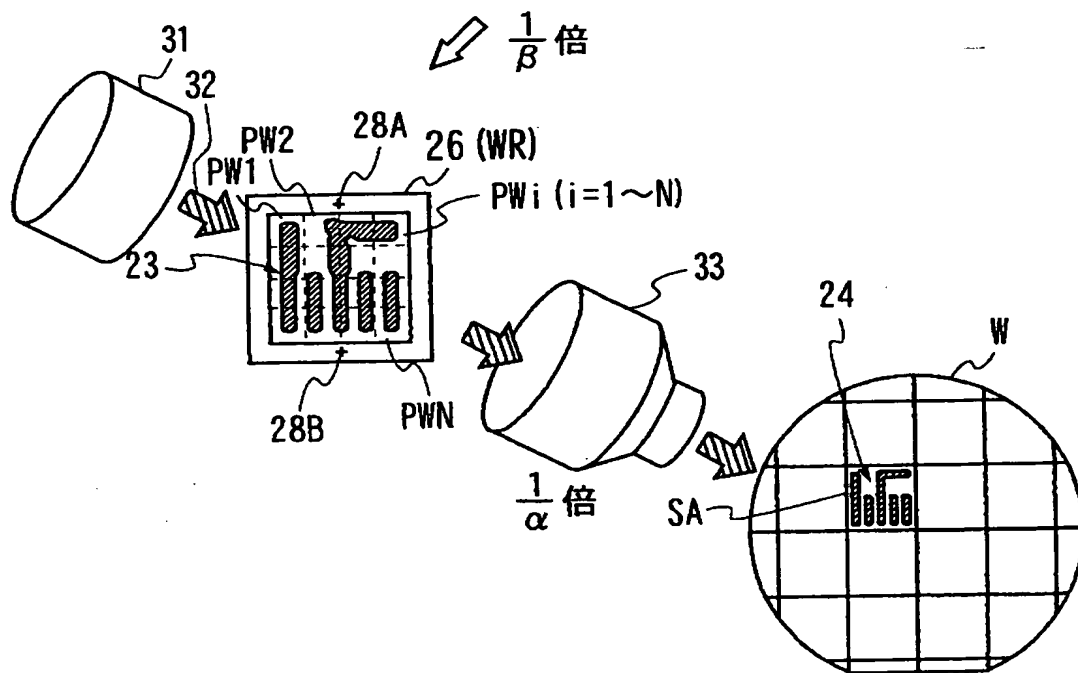
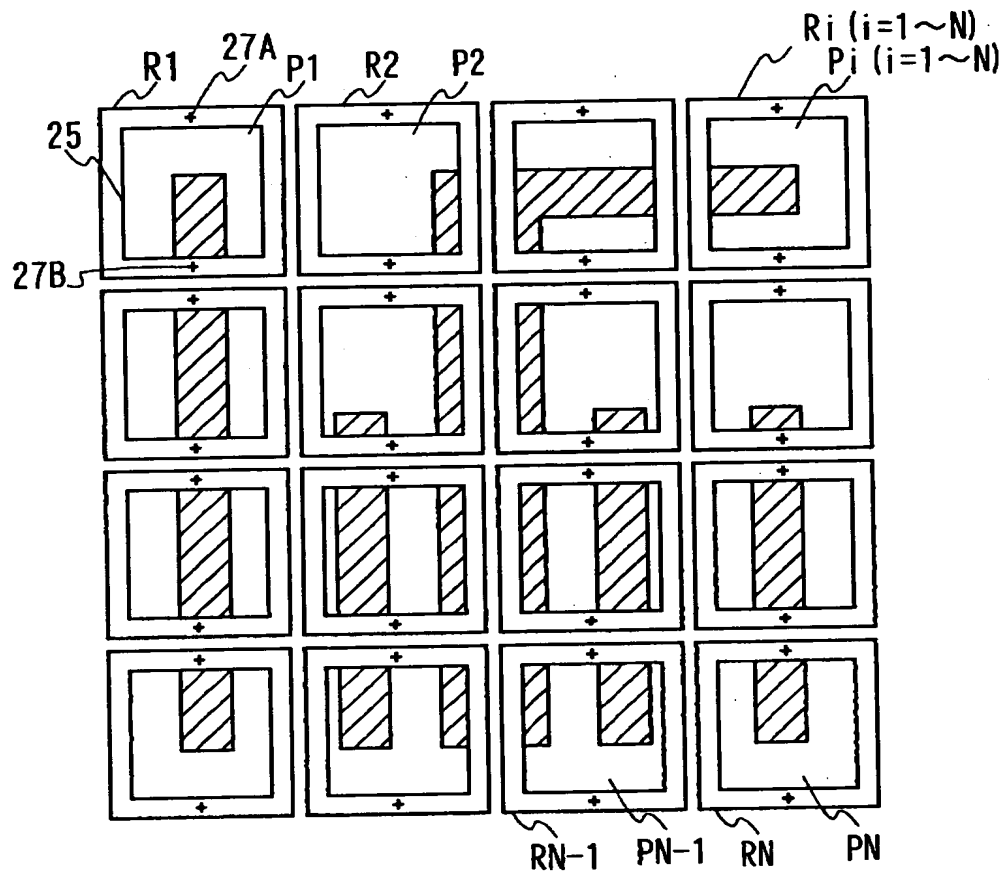


【図3】





【図4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 マスクパターンを転写する際に光近接効果によって生じるパターンの変形に対する補正が施されたフォトマスクを、短時間、かつ低コストに製造する。

【解決手段】 ウエハW上に形成すべき回路パターンを所定倍率で拡大した親パターンをN個に分割してなる部分親パターン $P_i$  ( $i=1\sim N$ )をそれぞれ基板上に描画してマスターレチクル $R_i$  ( $i=1\sim N$ )を作製し、マスターレチクル $R_i$ の部分親パターン $P_i$ の $1/\beta$ 倍の縮小像 $PW_i$ を、それぞれ画面継ぎを行いながら基板26上に転写することによって、ワーキングレチクルWRを製造する。マスターレチクル $R_i$ の部分親パターンの像を基板26上に転写する際の照明条件は、ワーキングレチクルWRのマスクパターンをウエハ上に転写する際に光近接効果により生じる投影像の変化が相殺されるように設定する。

【選択図】 図4

【書類名】  
【訂正書類】

職権訂正データ  
特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】

000004112

【住所又は居所】

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

【氏名又は名称】

株式会社ニコン

【代理人】

申請人

【識別番号】

100098165

【住所又は居所】

神奈川県川崎市多摩区登戸2075番2-501

大森特許事務所

【氏名又は名称】

大森 聡

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004112]

1. 変更年月日 1990年 8月29日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号  
氏 名 株式会社ニコン